

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування
Навчально-науковий інститут будівництва та архітектури
Кафедра теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки

03-02-401

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять та виконання самостійної роботи з
навчальної дисципліни «Теплогазопостачання та
вентиляція» для здобувачів вищої освіти першого
(бакалаврського) рівня за освітньо-професійною
програмою 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
всіх форм навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою
з якості навчально-наукового
інституту будівництва та
архітектури
Протокол № 4 від 31.03.2020 р.

Рівне - 2020

Методичні вказівки до виконання практичних занять та самостійної роботи з навчальної дисципліни “Теплогазопостачання та вентиляція” для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського рівня) за освітньо-професійною програмою 192 «Будівництво та цивільна інженерія» всіх форм навчання [Електронне видання] / Кравченко Н.В., Кравченко В.С. - Рівне : НУВГП, 2019. - 38 с.

Укладачі: Кравченко Н.В. - канд. техн. наук, доцент кафедри теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки;
Кравченко В.С. - канд. техн. наук, доцент кафедри теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки.

Відповідальний за випуск: Кізеєв М.Д., канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки.

Керівник групи забезпечення спеціальності
192 “Будівництво та цивільна інженерія” - Бабич Є.М.

© Кравченко Н.В.,
Кравченко В.С., 2020
© НУВГП, 2020

Зміст

Вступ.....	3
1. Визначення товщини шару утеплювача.....	3
2. Визначення втрат тепла через зовнішні огороження.....	9
3. Підбір опалювальних приладів.....	16
4. Визначення природного циркуляційного тиску.....	23
5. Визначення витрат теплоносія.....	27
6. Визначення розрахункових витрат газу.....	28
7. Визначення параметрів внутрішнього повітря.....	33
8. Забирання зовнішнього повітря.....	36
Теми рефератів для індивідуальної роботи з дисципліни «Теплогазопостачання та вентиляція».....	37

Вступ

Методичні вказівки допоможуть здобувачам вищої освіти першого (бакалаврського) рівня у підготовці до практичних занять, рішенні контрольних вправ та виконанні самостійної роботи при вивченні дисципліни «Теплогазопостачання та вентиляція». В методичних вказівках наведено методики розрахунків основних типових задач з теплогазопостачання та вентиляції у обсязі, необхідному для вивчення початкової дисципліни. Наведено теми для рефератів. До кожної теми вказано літературу для самостійного опрацювання, наведено довідкові матеріали, приклади рішення задач та їх умови для самостійної роботи. Варіант задач та реферату відповідає порядковому номеру студента у списку групи.

1. Визначення товщини шару утеплювача

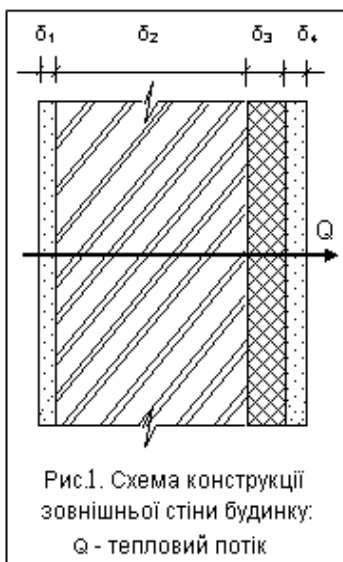
Конструкція зовнішніх огорожень будинку повинна мати опір теплопередачі не менший за нормовані величини, мінімально допустимі значення яких ($R_{q \min}$) наведені в [1, табл.3] залежно від температурної зони експлуатації будинку [1, дод.Б].

Величину фактичного опору теплопередачі термічно однорідної непрозорої конструкції огороження, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, визначають за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_g} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_s} = \frac{1}{\alpha_g} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_s}, \quad (1)$$

де α_6 – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огороження, Вт/(м²·°C) [2, дод. Б]; R_i – термічний опір і-го шару конструкції, м²·°C/Вт; δ_i – товщина і-го шару конструкції, м; λ_{ip} – теплопровідність матеріалу в розрахункових умовах експлуатації, Вт/м·°C [2, дод. А]; α_z – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огороження, Вт/(м²·°C) [2, дод. Б].

Під час теплотехнічного розрахунку товщина основного шару огороження (цегли або бетону) відома. Розрахунком обчислюють товщину і підбирають матеріал шару теплоізоляції за умови $R_{\Sigma} \geq R_{q \min}$.



Задача 1. Визначити товщину шару утеплювача і коефіцієнт теплопередачі зовнішньої стіни житлового будинку (рис. 1), який будують в місті Рівне. Зовнішня стіна складається з таких шарів: 1 – вапняно-піщаний розчин – $\rho_{01} = 1800$ кг/м³, $\delta_1 = 0,02$ м; 2 – кладка із цегли силікатної на цементно-піщаному розчині – $\rho_{02} = 1800$ кг/м³, $\delta_2 = 0,51$ м; 3 – плити з резольно-формальдегідного пінопласту – $\rho_{03} = 100$ кг/м³, δ_{yt} - ?; 4 – складний розчин (пісок, вапно, цемент) – $\rho_{04} = 1700$ кг/м³, $\delta_4 = 0,02$ м, де ρ_0 – густина сухого матеріалу; δ – товщина шару.

Рішення: За [1, додаток В, табл. В.1] прийнято нормальний режим вологості приміщень будинку, за [1, додаток В, табл. В.2] – розрахункову температуру в кімнатах $t_b = 20$ °C. Умови експлуатації зовнішньої стіни – Б [1, додаток В, табл.В.3; 2]. Температурна зона для м. Рівне – І [1, дод.Б].

Величину фактичного опору теплопередачі термічно однорідної непрозорої конструкції огороження, R_{Σ} , м²·°C /Вт, визначають за формулою (1).

За [2, додаток А] коефіцієнти теплопровідності матеріалу шару конструкції стіни, λ , Вт/(м·°C) становлять: 1. Вапняно-піщаний розчин – $\lambda_1 = 0,93$. 2. Кладка із цегли силікатної на цементно-піщаному розчині – $\lambda_2 = 0,87$. 3. Плити з резольно-формальдегідного пінопласту – $\lambda_3 = 0,076$. 4. Складний розчин (пісок, вапно, цемент) – $\lambda_4 = 0,87$.

Для зовнішніх стін температурної зони І мінімально допустиме значення опору теплопередачі за [1, табл.3] становить $3,3 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

$$\text{З рівняння } \frac{1}{\alpha_s} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_z} = R_{q \min}, \text{ знаходять товщину шару}$$

утеплювача – плит з резольно-формальдегідного пінопласту: $\delta_{\text{ут}} = 0,19 \text{ м}$.

Фактичний опір теплопередачі становить:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,51}{0,87} + \frac{0,19}{0,076} + \frac{0,02}{0,87} + \frac{1}{23} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

$$R_{\Sigma} = R_{q \min}$$

Умова для самостійного рішення задачі 1: Визначити товщину шару утеплювача і коефіцієнт теплопередачі зовнішньої стіни житлового будинку, який будують в місті (згідно із завданням). Зовнішня стіна складається з таких шарів: 1 – вапняно-піщаний розчин – $\rho_{01} = 1800 \text{ кг/м}^3$, $\delta_1 = 0,02 \text{ м}$; 2 – (згідно із завданням); 3 – (згідно із завданням), δ_3 - ?; 4 – складний розчин (пісок, вапно, цемент) – $\rho_{04} = 1700 \text{ кг/м}^3$, $\delta_4 = 0,02 \text{ м}$, де ρ_0 – густина сухого матеріалу; δ – товщина шару.

Варіант	1	2	3	4
місто	Луцьк	Рівне	Житомир	Київ
матеріал стіни (шар 2)	Кладка з блоків керамзитшлакобетонних на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1350 \text{ кг/м}^3$	Цегляна кладка з повнотілої цегли керамічної звичайної на цементно-піщаному розчині $\rho_{02}=1800 \text{ кг/м}^3$	Кладка цегляна з повнотілої цегли силікатної на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1800 \text{ кг/м}^3$	Цегляна кладка з порожнистої цегли керамічної на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1600 \text{ кг/м}^3$
товщина стіни, δ_2 , м	0,40	0,51	0,51	0,51
утеплювач (шар 3)	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна $\rho_{03} = 150 \text{ кг/м}^3$	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі скляного штапельного волокна $\rho_{03} = 35 \text{ кг/м}^3$	Вироби зі спіненого пінополістиролу $\rho_{03} = 35 \text{ кг/м}^3$	Вироби із екструдованого пінополістиролу $\rho_{03} = 35 \text{ кг/м}^3$
Варіант	5	6	7	8
місто	Одеса	Тернопіль	Миколаїв	Херсон

матеріал стіни (шар 2)	Кладка цегляна з повнотілої цегли трепельної на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1000 \text{ кг/м}^3$	Кладка цегляна з повнотілої цегли керамічної звичайної на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1800 \text{ кг/м}^3$	Цегляна кладка з порожнистої цегли керамічної на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1200 \text{ кг/м}^3$	Кладка цегляна з повнотілої цегли трепельної на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1000 \text{ кг/м}^3$
товщина стіни, δ_2 , м	0,51	0,51	0,51	0,51
утеплювач (шар 3)	Вироби з жорсткого пінополіуретану $\rho_{03} = 80 \text{ кг/м}^3$	Плити з резольно-формальдегідного пінопласту $\rho_{03} = 100 \text{ кг/м}^3$	Вироби зі спіненої карбамідно-формальдегідної смоли $\rho_{03} = 25 \text{ кг/м}^3$	Вироби зі спіненого пінополіетилену $\rho_{03} = 30 \text{ кг/м}^3$
Варіант	9	10	11	12
місто	Харків	Суми	Запоріжжя	Черкаси
матеріал стіни (шар 2)	Кладка з блоків керамзитшлако-бетонних на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1400 \text{ кг/м}^3$	Кладка цегляна з повнотілої цегли трепельної на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1200 \text{ кг/м}^3$	Кладка цегляна з повнотілої цегли шлакової на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1500 \text{ кг/м}^3$	Кладка з блоків керамзитшлако-бетонних на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1400 \text{ кг/м}^3$
товщина стіни, δ_2 , м	0,44	0,51	0,51	0,40
утеплювач (шар 3)	Вироби зі спіненого хімічно зшитого пінополіетилену $\rho_{03} = 30 \text{ кг/м}^3$	Вироби перлітофосфогельові $\rho_{03} = 200 \text{ кг/м}^3$	Вироби теплоізоляційні перліто-цементні та перлітогіпсові $\rho_{03} = 300 \text{ кг/м}^3$	Вироби перлітобетоннітові теплоізоляційні $\rho_{03} = 250 \text{ кг/м}^3$
Варіант	13	14	15	16
місто	Львів	Вінниця	Ужгород	Дніпро
матеріал стіни (шар 2)	Цегляна кладка з порожнистої цегли керамічної на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1200 \text{ кг/м}^3$	Кладка цегляна з повнотілої цегли керамічної звичайної на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1800 \text{ кг/м}^3$	Цегляна кладка з порожнистої цегли керамічної на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1600 \text{ кг/м}^3$	Кладка цегляна з повнотілої цегли керамічної звичайної на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1800 \text{ кг/м}^3$
товщина стіни, δ_2 , м	0,51	0,51	0,51	0,51
утеплювач (шар 3)	Целюлозний утеплювач $\rho_{03} = 65 \text{ кг/м}^3$	Вироби цементно-полістирольні $\rho_{03} = 300 \text{ кг/м}^3$	Вироби цементно-полістирольні $\rho_{03} = 250 \text{ кг/м}^3$	Вироби перлітобітумні теплоізоляційні $\rho_{03} = 400 \text{ кг/м}^3$
Варіант	17	18	19	20
місто	Чернівці	Полтава	Суми	Івано-Франківськ
матеріал стіни (шар 2)	Цегляна кладка з порожнистої цегли керамічної на цементно-піщаному	Кладка з блоків керамзитшлако-бетонних на цементно-піщаному розчині	Кладка з блоків керамзитшлакобетонних на цементно-піщаному розчині	Кладка цегляна з повнотілої цегли трепельної на цементно-піщаному

	розчині $\rho_{02} = 1400 \text{ кг/м}^3$	$\rho_{02} = 1350 \text{ кг/м}^3$	$\rho_{02} = 1400 \text{ кг/м}^3$	розчині $\rho_{02} = 1200 \text{ кг/м}^3$
товщина стіни, δ_2 , м	0,51	0,44	0,42	0,51
утеплювач (шар 3)	Піноскло $\rho_{03} = 120 \text{ кг/м}^3$	Блоки кремнезито-цементні $\rho_{03} = 400 \text{ кг/м}^3$	Целюлозний утеплювач $\rho_{03} = 65 \text{ кг/м}^3$	Плити деревноволокнисті та деревно-стружкові $\rho_{03} = 200 \text{ кг/м}^3$
Варіант	21	22	23	24
місто	Здолбунів	Хмельницький	Луцьк	Рівне
матеріал стіни (шар 2)	Цегляна кладка з порожнистої цегли керамічної на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1600 \text{ кг/м}^3$	Кладка з блоків керамзитшлакобетонних на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1350 \text{ кг/м}^3$	Кладка цегляна з повнотілої цегли трепельної на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1000 \text{ кг/м}^3$	Кладка з блоків керамзитшлакобетонних на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1350 \text{ кг/м}^3$
товщина стіни, δ_2 , м	0,51	0,40	0,51	0,42
утеплювач (шар 3)	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна $\rho_{03} = 30 \text{ кг/м}^3$	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна $\rho_{03} = 125 \text{ кг/м}^3$	Вироби зі спіненого пінополістиролу $\rho_{03} = 25 \text{ кг/м}^3$	Вироби зі спіненого пінополістиролу $\rho_{03} = 15 \text{ кг/м}^3$

Умова для самостійного рішення задачі 2: Визначити товщину шару утеплювача і коефіцієнт теплопередачі горищного і підвального перекриття житлового будинку, який будують в місті (згідно із завданням). Горищне перекриття складається з таких шарів: 1 – цементно-піщаний розчин – $\rho_{01}^r = 1600 \text{ кг/м}^3$, $\delta_1^r = 0,03$ м; 2 – (згідно із завданням), δ_2^r - ?; 3 – залізобетонна плита, – $\rho_{03}^r = 2500 \text{ кг/м}^3$, $\delta_3^r = 0,22$ м; 4 – вапняно-піщаний розчин – $\rho_{04}^r = 1800 \text{ кг/м}^3$, $\delta_4^r = 0,02$ м. Підвальне перекриття складається з таких шарів: 1 – (згідно із завданням), δ_1^n - 0,01 м; 2 – цементно-піщаний розчин – $\rho_{02}^n = 1600 \text{ кг/м}^3$, $\delta_2^n = 0,05$ м; 3 – (згідно із завданням), δ_3^n - ?; 4 – залізобетонна плита – $\rho_{04}^n = 2500 \text{ кг/м}^3$, $\delta_4^n = 0,22$ м; де ρ – густина сухого матеріалу; δ – товщина шару.

Варіант	1	2	3	4
місто	Луцьк	Рівне	Житомир	Київ
Перший шар для підвального перекриття	Сосна поперек волокон $\rho_{01}^n = 500 \text{ кг/м}^3$	Дуб вздовж волокон $\rho_{01}^n = 700 \text{ кг/м}^3$	Фанера клеєна $\rho_{01}^n = 600 \text{ кг/м}^3$	Сосна поперек волокон $\rho_{01}^n = 500 \text{ кг/м}^3$
Утеплювач для горищного і	Вироби теплоізоляційні	Вироби із екструдованого	Вироби з жорсткого	Вироби теплоізоляційні з

підвального перекриття	з мінеральної вати на основі базальтового волокна $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 150$ кг/м ³	пінополістиролу $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 35$ кг/м ³	пінополіуретану $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 60$ кг/м ³	мінеральної вати на основі скляного штапельного волокна $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 35$ кг/м ³
Варіант	5	6	7	8
місто	Одеса	Тернопіль	Миколаїв	Херсон
Перший шар для підвального перекриття	Фанера клеєна $\rho_{01}^n = 600$ кг/м ³	Дуб вздовж волокон $\rho_{01}^n = 700$ кг/м ³	Ялина поперек волокон $\rho_{01}^n = 500$ кг/м ³	Фанера клеєна $\rho_{01}^n = 600$ кг/м ³
Утеплювач для горищного і підвального перекриття	Вироби зі спіненого пінополістиролу $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 15$ кг/м ³	Плити з резольно-формальдегідного пінопласту $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 100$ кг/м ³	Вироби зі спіненого пінополіетилену $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 50$ кг/м ³	Вироби перлітобітумні теплоізоляційні $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 300$ кг/м ³
Варіант	9	10	11	12
місто	Харків	Суми	Запоріжжя	Черкаси
Перший шар для підвального перекриття	Сосна поперек волокон $\rho_{01}^n = 500$ кг/м ³	Дуб вздовж волокон $\rho_{01}^n = 700$ кг/м ³	Ялина поперек волокон $\rho_{01}^n = 500$ кг/м ³	Фанера клеєна $\rho_{01}^n = 600$ кг/м ³
Утеплювач для горищного і підвального перекриття	Вироби зі спіненої карбідно-формальдегідної смоли $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 30$ кг/м ³	Целюлозний утеплювач $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 50$ кг/м ³	Вироби перлітофосфогельові $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 300$ кг/м ³	Плити деревноволокнисті $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 200$ кг/м ³
Варіант	13	14	15	16
місто	Львів	Вінниця	Ужгород	Дніпро
Перший шар для підвального перекриття	Сосна вздовж волокон $\rho_{01}^n = 500$ кг/м ³	Дуб поперек волокон $\rho_{01}^n = 700$ кг/м ³	Сосна поперек волокон $\rho_{01}^n = 500$ кг/м ³	Дуб поперек волокон $\rho_{01}^n = 700$ кг/м ³
Утеплювач для горищного і підвального перекриття	Целюлозний утеплювач $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 100$ кг/м ³	Вироби цементополістирольні $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 250$ кг/м ³	Плити деревноволокнисті та деревностружкові $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 200$ кг/м ³	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 175$ кг/м ³
Варіант	17	18	19	20
місто	Чернівці	Полтава	Суми	Івано-Франківськ
Перший шар для підвального перекриття	Ялина поперек волокон $\rho_{01}^n = 500$ кг/м ³	Дуб поперек волокон $\rho_{01}^n = 700$ кг/м ³	Сосна поперек волокон $\rho_{01}^n = 500$ кг/м ³	Фанера клеєна $\rho_{01}^n = 600$ кг/м ³
Утеплювач для горищного і підвального перекриття	Вироби з жорсткого пінополіуретану $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 80$ кг/м ³	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі скляного штапельного волокна $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 20$ кг/м ³	Вироби з жорсткого пінополіуретану $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 60$ кг/м ³	Вироби цементополістирольні $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 250$ кг/м ³

Варіант	21	22	23	24
місто	Здолбунів	Хмельницький	Луцьк	Рівне
Перший шар для підвального перекриття	Сосна поперек волокон $\rho_{01}'' = 500 \text{ кг/м}^3$	Фанера клеєна $\rho_{01}'' = 600 \text{ кг/м}^3$	Ялина вздовж волокон $\rho_{01}'' = 500 \text{ кг/м}^3$	Сосна поперек волокон $\rho_{01}'' = 500 \text{ кг/м}^3$
Утеплювач для горищного і підвального перекриття	Вироби перлітобітумні теплоізоляційні $\rho_{02}' = \rho_{03}'' = 400 \text{ кг/м}^3$	Вироби перлітобентонітові теплоізоляційні $\rho_{02}' = \rho_{03}'' = 250 \text{ кг/м}^3$	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі скляного штапельного волокна $\rho_{02}' = \rho_{03}'' = 15 \text{ кг/м}^3$	Плити деревноволокнисті та деревностружкові $\rho_{02}' = \rho_{03}'' = 400 \text{ кг/м}^3$

Література:

- ДБН В.2.6-31:2016. Державні будівельні норми України: Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. [Чинний від 2017-05-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2016.
- ДСТУ Б В.2.6-189:2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013.

2. Визначення втрат тепла через зовнішні огороження

У холодну пору року приміщення втрачає тепло через зовнішні огороження, а також тепло витрачається на нагрівання холодного повітря, яке надходить через нещільності в огороженнях, вікна та двері, на нагрівання матеріалів, виробів тощо, які холодними потрапляють у приміщення. Загальні проектні втрати тепла при нагрітому приміщенні (і) розраховують відповідно до [1, ф-ла 4].

Втрати тепла через конструкції зовнішнього огороження, Вт, обчислюють за формулою:

$$\Phi_{T,ie} = H_{T,ie} \cdot (\Theta_{\text{int},i} - \Theta_e), \quad (2)$$

де $H_{m,ie}$ – коефіцієнт втрат тепла за рахунок теплопередачі з опалювального простору (і) до навколишнього середовища (е) через оболонку будівлі, Вт/°С; $\Theta_{\text{int},i}$ – проектна внутрішня температура опалювального простору (і), °С, [2, додаток Д, табл.Д.4]; Θ_e – проектна зовнішня температура, °С [3, табл.2].

Значення проектного коефіцієнта втрат тепла за рахунок теплопередачі з опалюваного простору (і) до навколишнього

середовища (е), Вт/°С, залежить від розмірів та характеристик елементів будинку, що відділяють опалювальний простір від зовнішнього середовища: стіни, підлога, перекриття, двері, вікна:

$$H_{T,ie} = \sum A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k}, \quad (3)$$

де A_k – площа к-елемента будинку (конструкції огороження), м² (рис.8); U_k – коефіцієнт теплопередачі к-огорожувальної конструкції, Вт/м²·°С; ΔU_{TB} – коефіцієнт додаткової теплопередачі для теплових мостів, Вт/м²·°С [табл.1; 1, додаток В, табл. В.1]; $f_{U,k}$ – поправковий коефіцієнт впливу на якість будівельних деталей та метеорологічних умов, не врахованих при розрахунку відповідних U -значень; $f_{ie,k}$ – коефіцієнт регулювання температури відповідно до [1, п.6.3.2.5] (значення коефіцієнтів $f_{U,k}$ та $f_{ie,k}$ за відсутності вимог приймають рівними 1).

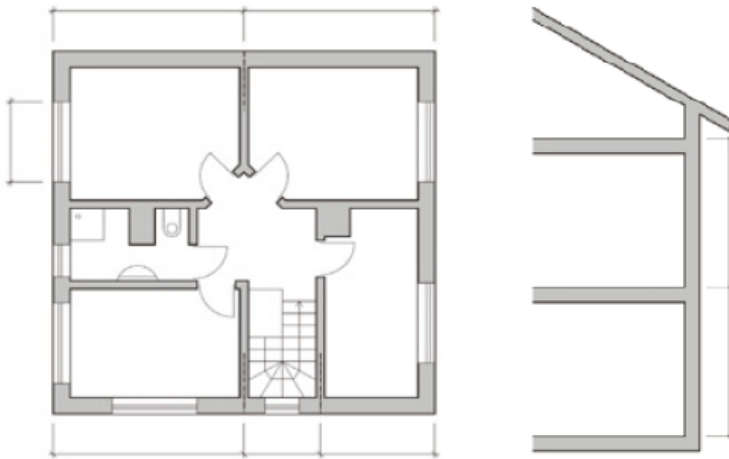


Рис. 2. Приклади визначення розмірів зовнішніх огорожень будівлі

Вертикальні розміри зовнішніх стін визначають як відстань від поверхні підлоги одного поверху до поверхні підлоги наступного поверху (товщину перекриття цокольного поверху не враховують). Горизонтальні розміри зовнішніх стін приміщення визначають за осями внутрішніх перегородок, а в кутових приміщеннях - від зовнішньої поверхні кута до осі перегородки. Розміри дверей та вікон визначають за найменшими розмірами прорізів.

Коефіцієнт теплопередачі конструкції огороження, Вт/м²·°C, визначають як:

$$U_k = 1/R_{q,min} , \quad (4)$$

де $R_{q,min}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі, м²·°C/Вт [4, табл.3].

Таблиця 1

Коефіцієнт додаткової теплопередачі для теплових мостів

Критерій вибору	$\Delta U_{тв}$, Вт/м ² ·°C
1. Новобудови з врахуванням вдосконалених новітніх технологій зі зменшення теплових мостів	0,02
2. Новобудови	0,05
3. Будинки з переважно внутрішньою тепловою ізоляцією, яку перетинають суцільні стелі (наприклад, залізобетон)	0,15
4. Всі інші будівлі	0,1

В загальному вигляді втрати тепла конструкціями зовнішнього огороження, Вт становлять:

$$\Phi_{T,ie} = \sum A_k \cdot (U_k + U_{tb}) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k} \cdot (\Theta_{int,i} - \Theta_e) \quad (5)$$

Задача 3. Виконати розрахунок втрат тепла через конструкції зовнішнього огороження кутової кімнати 1-го, 2-го і 5-го поверху 5-ти поверхового житлового будинку (новобудова) у м. Хмельницький. Приміщення має одну зовнішню стіну з вікном із подвійним склінням у дерев'яній спареній рамі розмірами 1,5х1,5 м та одну зовнішню стіну без вікна. Висота поверху – 3,0 м. Решта розмірів вказані на рисунку 3а. Температура повітря у підвалі та на горіщі становить 5° C.

Рішення: Проектна зовнішня температура (температура зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки забезпеченістю 0,92) в м. Хмельницький: $\Theta_e = - 21^\circ\text{C}$ [3, табл.2]. Проектна внутрішня температура опалювального простору (температура внутрішнього повітря у житловій кімнаті): $\Theta_{int,i} = 22^\circ\text{C}$ [2, табл.Д.4]. Температурна зона – I [4, додаток Б].

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі [4, табл.3]: зовнішні стіни - 3,3 м²·°C/Вт; вікна - 0,75 м²·°C/Вт; перекриття над підвалом - 3,75 м²·°C/Вт, горіщне перекриття - 4,95 м²·°C/Вт.

Результати розрахунків зведені в таблицю 2.

Таблиця 2

Розрахунок втрат тепла конструкціями зовнішнього огородження

№ і назва приміщення	Зовнішні огородження				$\theta_{\text{int},i}, ^\circ\text{C}$	$\theta_e, ^\circ\text{C}$	$(\theta_{\text{int},i} - \theta_e), ^\circ\text{C}$	$R_{q,\text{min}}, \text{M}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$	$U_k, \text{Вт} / \text{M}^2 \cdot ^\circ\text{C}$	$\Delta U_{\text{тв}}, \text{Вт} / \text{M}^2 \cdot ^\circ\text{C}$	$\Phi_{\text{T,ie}}, \text{Вт}$
	назва	1-й розмір, м	2-й розмір, м	A, м ²							
112 кжк	ЗС	6,39	3	16,92	22	-21	43	3,3	0,3	0,05	255
	В	1,5	1,5	2,25	22	-21	43	0,75	1,33	0,05	134
	ЗС	4,81	3	14,43	22	-21	43	3,3	0,3	0,05	217
	ПП	6	4,5	27,0	22	5	17	3,75	0,27	0,05	147
											713
212 кжк	ЗС	6,39	3,0	16,92	22	-21	43	3,3	0,3	0,05	255
	В	1,5	1,5	2,25	22	-21	43	0,75	1,33	0,05	134
	ЗС	4,81	3,0	14,43	22	-21	43	3,3	0,3	0,05	217
											606
512 кжк	ЗС	6,39	3	16,92	22	-21	43	3,3	0,3	0,05	255
	В	1,5	1,5	2,25	22	-21	43	0,75	1,33	0,05	134
	ЗС	4,81	3	14,43	22	-21	43	3,3	0,3	0,05	217
	ГП	6	4,5	27,0	22	5	17	4,95	0,2	0,05	115
											721
Сума											3252

Умова для самостійного рішення задачі 3: Виконати розрахунок втрат тепла через конструкції зовнішнього огородження кутової кімнати з 1-го по 5-й поверх 5-ти поверхового житлового будинку (згідно із завданням) у м. (згідно із завданням). Приміщення має одну зовнішню стіну з вікном із подвійним склінням у дерев'яній спареній рамі розмірами 1,5x1,5 м та одну зовнішню стіну без вікна. Висота поверху – 3,0 м. Решта розмірів вказані на рисунку 3. Температура повітря у підвалі та на горищі становить 5° С.

Варіант	1	2	3	4	5
місто	Вінниця	Житомир	Запоріжжя	Київ	Кропивницький
критерій вибору	1, табл.1	2, табл.1	3, табл.1	4, табл.1	1, табл.1
рисунок	3а	3б	3в	3г	3д

Варіант	6	7	8	9	10
місто	Луцьк	Львів	Миколаїв	Одеса	Полтава
критерій вибору	2, табл.1	3, табл.1	4, табл.1	1, табл.1	2, табл.1
рисунок	3е	3а	3б	3в	3г
Варіант	11	12	13	14	15
місто	Рівне	Суми	Тернопіль	Ужгород	Харків
критерій вибору	3, табл.1	4, табл.1	1, табл.1	2, табл.1	3, табл.1
рисунок	3д	3е	3а	3б	3в
Варіант	16	17	18	19	20
місто	Херсон	Чернівці	Черкаси	Чернігів	Івано-Франківськ
критерій вибору	4, табл.1	1, табл.1	2, табл.1	3, табл.1	4, табл.1
рисунок	3г	3д	3е	3а	3б
Варіант	21	22	23	24	25
місто	Дніпро	Хмельницький	Рівне	Луцьк	Рівне
критерій вибору	1, табл.1	2, табл.1	3, табл.1	4, табл.1	1, табл.1
рисунок	3в	3г	3д	3е	3д

Умова для самостійного рішення задачі 4: Виконати розрахунок втрат тепла через конструкції зовнішнього огородження кухні з 1-го по 5-й поверх 5-ти поверхового житлового будинку (згідно із завданням) у м. (згідно із завданням). Приміщення має одну зовнішню стіну з вікном із подвійним склінням у дерев'яній спареній рамі розмірами 1,5х1,5 м та одну зовнішню стіну без вікна. Висота поверху – 3,0 м. Решта розмірів вказані на рисунку 3. Температура повітря у підвалі та на горищі становить 5° С.

Варіант	1	2	3	4	5
місто	Львів	Миколаїв	Луцьк	Одеса	Полтава
критерій вибору	1, табл.1	2, табл.1	3, табл.1	4, табл.1	2, табл.1
рисунок	4а	4б	4в	4г	4д
Варіант	6	7	8	9	10
місто	Рівне	Кропивницький	Запоріжжя	Київ	Суми
критерій вибору	1, табл.1	2, табл.1	3, табл.1	4, табл.1	1, табл.1
рисунок	4е	4а	4б	4в	4г
Варіант	11	12	13	14	15
місто	Ужгород	Полтава	Чернівці	Рівне	Луцьк
критерій вибору	1, табл.1	2, табл.1	3, табл.1	4, табл.1	4, табл.1
рисунок	4д	4е	4а	4б	4в
Варіант	16	17	18	19	20
місто	Хмельницький	Дніпро	Івано-Франківськ	Дніпро	Ужгород
критерій вибору	1, табл.1	2, табл.1	3, табл.1	4, табл.1	3, табл.1
рисунок	4г	4д	4е	4а	4б
Варіант	21	22	23	24	25
місто	Одеса	Чернігів	Харків	Херсон	Рівне
критерій вибору	1, табл.1	2, табл.1	3, табл.1	4, табл.1	1, табл.1
рисунок	4в	4г	4д	4е	4д

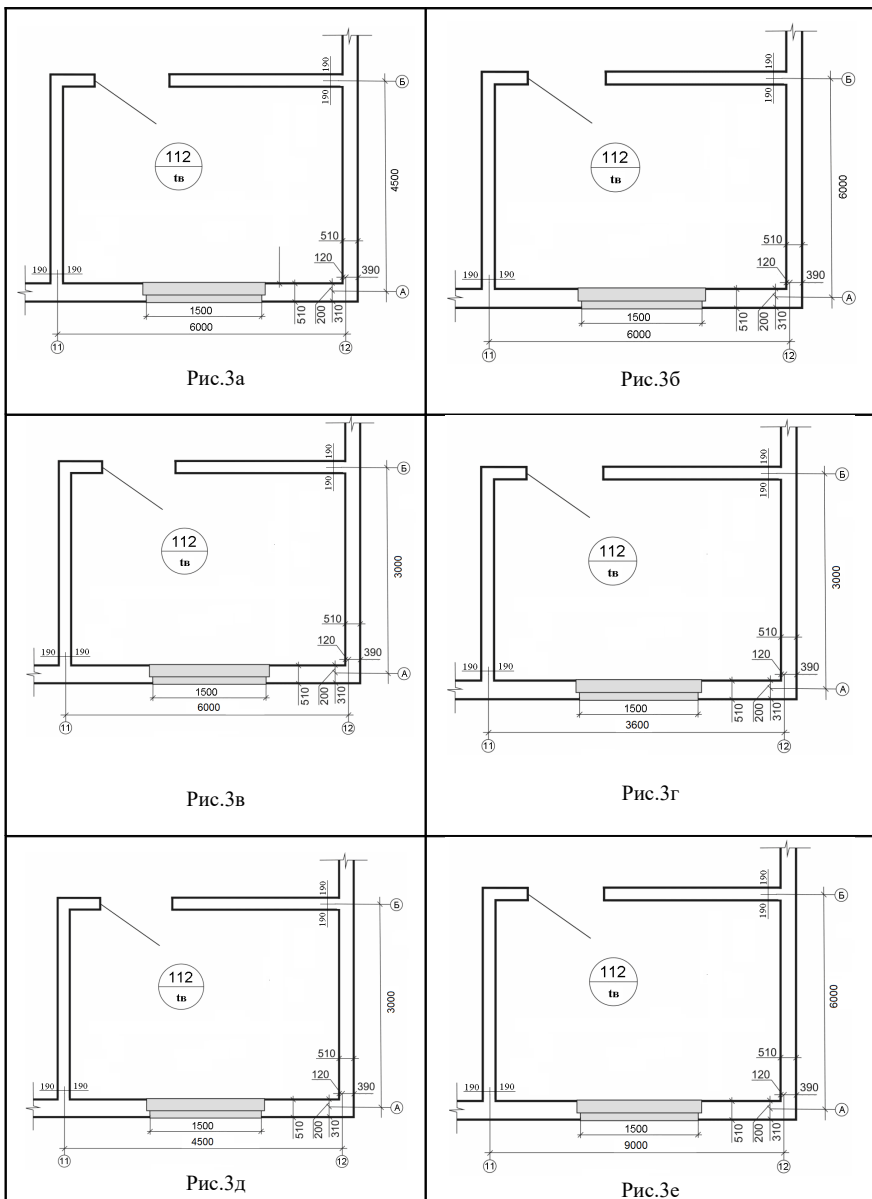


Рис. 3. Схема кутового приміщення

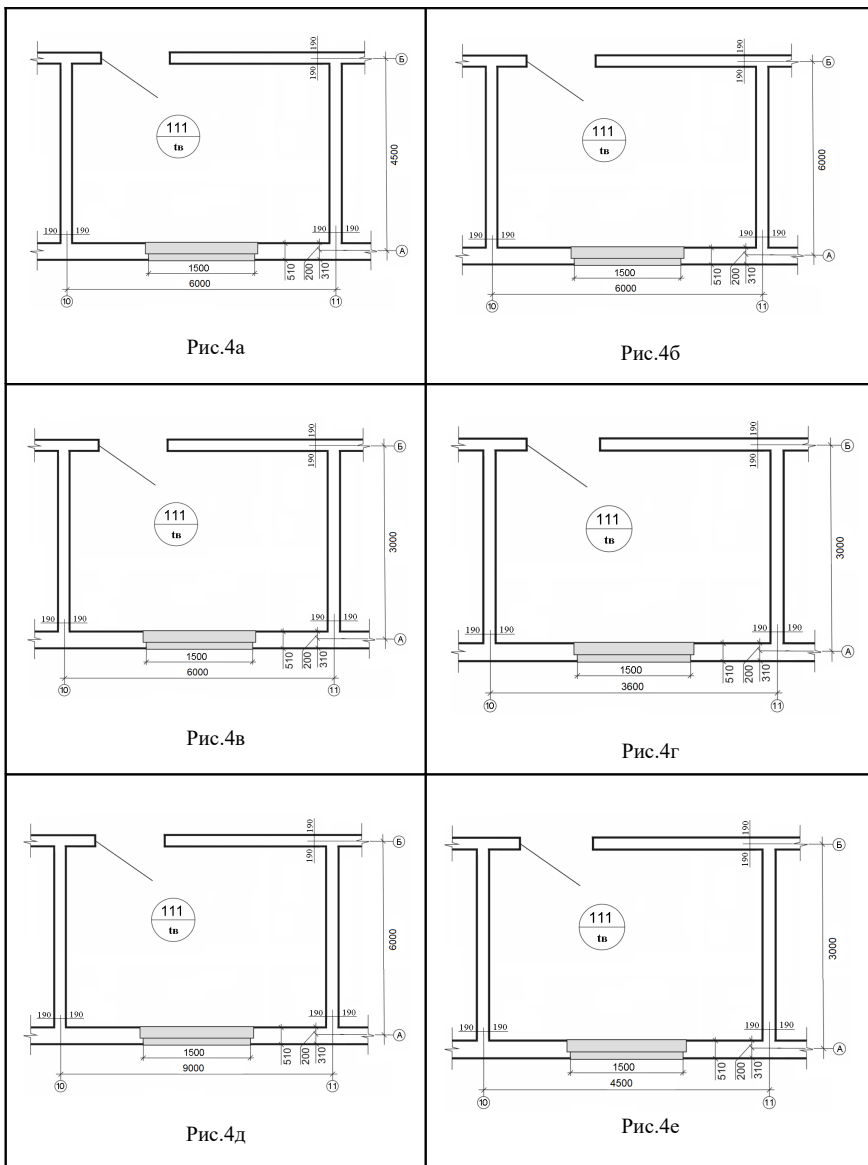


Рис. 4. Схема кухні

Література:

- 1.ДСТУ EN 12831-1:2017. Енергоефективність будівель. Метод розрахунку проектного теплового навантаження. Частина 1. Теплове навантаження, Модуль МЗ-3 (EN 12831-1:2017, IDT). [Чинний від 2017-12-15]. Вид. офіц. Київ, 2017.
- 2.ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціювання. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013.
- 3.ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія (з поправкою). [Чинний від 2011-11-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2011.
- 4.ДБН В.2.6-31:2016. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. [Чинний від 2017-05-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2016.

3. Підбір опалювальних приладів

Розрахункову площу опалювального приладу, m^2 , визначають за формулою:

$$F_p = \frac{Q_{np}}{q_{np}}, \quad (6)$$

де Q_{np} – розрахункова тепла потужність опалювального приладу, Вт; q_{np} – питома густина теплового потоку опалювальних приладів, Вт/ m^2 .

Температуру води на вході в опалювальний прилад, $^{\circ}C$, визначають за формулою:

$$t_i = t_{i-1} - Q_{np,i-1} \frac{t_r - t_o}{Q_{ст}}, \quad (7)$$

де t_{i-1} – температура води на вході в попереднє за рухом теплоносія приміщення, $^{\circ}C$; t_r і t_o – розрахункова температура теплоносія, $^{\circ}C$; $Q_{np,i-1}$ – тепловтрати попереднього за рухом теплоносія приміщення, Вт; $Q_{ст}$ – сумарне теплове навантаження стояка, Вт.

Середню температуру опалювального приладу, $^{\circ}C$, визначають за формулою:

$$t_{сер} = t_i - 0,5 \frac{Q_{np,i} \cdot 3,6}{c \cdot \alpha \cdot G_{ст}}, \quad (8)$$

де Q_{npi} – тепловтрати даного і-го приміщення, Вт; c – питома теплоємність води, $c = 4,2$ кДж/кг·°С; α – коефіцієнт затікання води в прилад [табл. 3; 1, табл. 6.16, 6.17]; G_{cm} – розрахункова витрата води в стояку, кг/год, яку визначають за формулою:

$$G_{cm} = \frac{3,6 \cdot Q_{cm}}{c \cdot (t_e - t_o)} \quad (9)$$

Температурний напір опалювального приладу, °С, визначають за формулою:

$$\Delta t_{cep} = t_{cep} - t_n, \quad (10)$$

де t_n – температура повітря в приміщенні, °С [2, табл.Д.4].

Номінальний тепловий потік опалювального приладу, Вт, визначають за формулою:

$$Q_{um} = \frac{K_m \cdot q_{np} \cdot \beta_4}{\phi}, \quad (11)$$

де K_m – коефіцієнт, що застосовують для опалювальних приладів з автоматичним регулятором температури повітря приміщення (окрім електричної опалювальної панелі в конструкції огороження приміщення) [2, п.6.7.12]: $K_t = 1,15$ – для приміщень з розрахунковою температурою приміщення, що дорівнює найменшій температурі діапазону її норми згідно з [1, табл. 6.3, 6.4; 2, додатки Д, Е]; $K_t = 1,1$ – для приміщень з розрахунковою температурою приміщення, що дорівнює середній температурі діапазону її норми згідно з [1, табл. 6.3, 6.4; 2, додатки Д, Е]; $K_t = 1$ – для опалювальних приладів без автоматичного регулятора температури повітря приміщення; β_4 – коефіцієнт, що залежить від схеми встановлення опалювальних приладів [табл. 7; 1, табл.6.22]; ϕ – поправний коефіцієнт до номінальної щільності теплового потоку, який визначають за формулою:

$$\phi = \left(\frac{\Delta t_{cep}}{\Delta t_n} \right)^{1+n} \cdot \left(\frac{G_{np}}{G_n} \right)^p \cdot c \cdot m, \quad (12)$$

де n , p – емпіричні показники міри відповідно за відносних температурного напору та витрати теплоносія [табл. 4,5; 1, табл. 6.18, 6.19]; c – поправний коефіцієнт, за допомогою якого враховують вплив схеми руху теплоносія на тепловий потік і коефіцієнт теплопередачі приладу при нормованих температурному напорі, витраті теплоносія і атмосферному тискові [табл. 4,5; 1, табл. 6.18, 6.19]; m – поправний коефіцієнт, за допомогою якого враховують специфіку залежності теплового потоку і коефіцієнта теплопередачі панельного радіатора від схеми руху теплоносія

[табл. 4; 1, табл.6.18, табл.6.20], для решти типів опалювальних приладів коефіцієнт m не враховують; Δt_n – номінальний температурний напір, °C:

$$\Delta t_n = 0,5(t_{вх} + t_{вих}) - t_n, \quad (13)$$

де $t_{вх}$ – температура води на вході в прилад, °C; $t_{вих}$ – температура води на виході з приладу, °C; G_n – номінальна витрата теплоносія у приладі, приймають 360 кг/год або за даними виробників опалювальних приладів; G_{np} – дійсна витрата води в опалювальному приладі, кг/год, яку визначають за формулами:

$$G_{np} = \frac{3,6 \cdot Q_{np}}{c \cdot (t_{вх} - t_{вих})}. \quad (14)$$

Таблиця 3

Значення коефіцієнта затікання води α в опалювальний прилад для однокотлових систем водяного опалення із сталевими панельними радіаторами «VONOVA»

При використанні				
триходових клапанів «CALIS-TS» діаметром 15, 20 мм		термостатів «ГЕРЦ-TS-E»		
		α для діаметрів труб радіаторного вузла $d_{ст}$ x $d_{зд}$ x $d_{плд}$		
робочий стан	α	тип радіатора	15x15x15	20x15x15
Клапан закритий	0	11K	0,193	0,160
Режим 2K	0,5	21K	0,223	0,182
Режим 3K	0,6	22K	0,224	0,184
Клапан відкритий	0,8	33K	0,226	0,187

Таблиця 4

Усереднені значення показників степенів n й m та коефіцієнта c при різних схемах руху теплоносія в радіаторах

Схема руху теплоносія	Витрата теплоносія G_{np}		n	c	p	m
	кг/с	кг/год				
Зверху-вниз	0,015-0,15	54-540	0,3	1	0	1
Знизу-вверх	0,015-0,15	54-540	0,33	0,78	0,1	табл. 6.20 [1]
Знизу-вниз	0,015-0,1	54-360	0,28	0,96	0	1

Примітка. Дані, наведені в таблиці, отримані під час випробувань радіаторів 11, 12, 22 та 33 типу, висотою від 300 мм до 600 мм та довжиною від 400 мм до 1400 мм й усереднені в межах припустимої похибки ($\pm 1\%$).

Таблиця 5

Значення показників n , p , c для визначення теплового потоку
опалювальних приладів

Тип опалювальних приладів	Напрямок руху теплоносія	Витрата теплоносія G_{np} , кг/год	n	p	c
Радіатор чавунний секційний і сталевий панельний однорядний і дворядний типу РСВ1	Зверху-вниз	18 – 50	0,3	0,02	1,039
		54 – 536		0	1,0
		536 - 900		0,01	0,996
	Знизу-вниз	18 – 115	0,15	0,08	1,092
		116 - 900		0	1,0
	Знизу-вверх	18 - 64	0,25	0,12	1,113
		65 - 900		0,04	0,97
Радіатор сталевий панельний типу РСГ2 однорядний	Зверху-вниз	22 - 288	0,3	0,025	1
	Знизу-вверх	324 - 900		0	
Радіатор сталевий панельний типу РСГ2 однорядний	Зверху-вниз	22 - 288	0,3	0,025	1
	Знизу-вверх	324 - 900		0	
Біметалеві прилади типу “Корал”		96 - 900	0,3	0,04	1

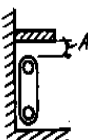
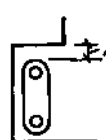
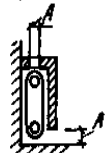


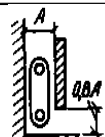
Таблиця 6

Номінальний тепловий потік сталевих панельних радіаторів
«VONOVA», Вт, з боковим підключенням

Ви со та, мм	Температура на вході 90 °С, температура на виході 70 °С, температура повітря в приміщенні 20 °С									
	Довжина, мм									
	тип	400	520	600	720	800	920	1000	1120	1200
3 0 0	11K	288	374	432	518	576	662	720	806	864
	21K	427	555	640	769	854	982	1067	1195	1281
	22K	558	725	837	1005	1116	1284	1395	1563	1674
	33K	796	1035	1194	1433	1592	1830	1990	2228	2388
4 0 0	11K	362	470	543	651	723	832	904	1013	1085
	21K	534	694	801	961	1068	1229	1335	1496	1602
	22K	659	903	1042	1250	1389	1598	1737	1945	2084
	33K	992	1289	1488	1785	1984	2281	2479	2777	2975
5 0 0	11K	431	560	647	776	862	992	1078	1207	1293
	21K	634	825	952	1142	1269	1459	1586	1776	1903
	22K	823	1069	1234	1481	1645	1892	2056	2303	2468
	33K	1172	1524	1758	2110	2344	2696	2930	3282	3516
6 0 0	11K	498	648	747	897	997	1146	1246	1395	1495
	21K	729	948	1093	1312	1458	1676	1822	2041	2187
	22K	943	1226	1414	1697	1886	2169	2357	2640	2829
	33K	1340	1742	2010	2412	2680	3082	3350	3752	4020

Таблиця 7

Схеми встановлення радіаторів і значення коефіцієнта β_4

<div>а)</div> <div></div> <div><table><tr><th>A, мм</th><th>β_4</th></tr><tr><td>40</td><td>1,05</td></tr><tr><td>80</td><td>1,03</td></tr><tr><td>100</td><td>1,02</td></tr></table></div>	A, мм	β_4	40	1,05	80	1,03	100	1,02	<div>б)</div> <div></div> <div><table><tr><th>A, мм</th><th>β_4</th></tr><tr><td>40</td><td></td></tr><tr><td>80</td><td>1,11</td></tr><tr><td>100</td><td>1,07</td></tr><tr><td></td><td>1,06</td></tr></table></div>	A, мм	β_4	40		80	1,11	100	1,07		1,06	<div>в)</div> <div></div> <div><table><tr><th>A, мм</th><th>β_4</th></tr><tr><td>260</td><td></td></tr><tr><td>220</td><td>1,12</td></tr><tr><td>180</td><td>1,13</td></tr><tr><td>150</td><td>1,19</td></tr><tr><td></td><td>1,25</td></tr></table></div>	A, мм	β_4	260		220	1,12	180	1,13	150	1,19		1,25
A, мм	β_4																															
40	1,05																															
80	1,03																															
100	1,02																															
A, мм	β_4																															
40																																
80	1,11																															
100	1,07																															
	1,06																															
A, мм	β_4																															
260																																
220	1,12																															
180	1,13																															
150	1,19																															
	1,25																															
<div>г)</div> <div></div> <div><table><tr><th>A, мм</th><th>β_4</th></tr><tr><td>130</td><td></td></tr><tr><td>130</td><td>1,2</td></tr><tr><td></td><td>1,4</td></tr></table></div>	A, мм	β_4	130		130	1,2		1,4	<div>д)</div> <div></div> <div><table><tr><th>A, мм</th><th>β_4</th></tr><tr><td>100</td><td></td></tr><tr><td></td><td>1,15</td></tr></table></div>	A, мм	β_4	100			1,15	<div>е)</div> <div></div> <div><table><tr><th>A, мм</th><th>β_4</th></tr><tr><td>-</td><td>0,9</td></tr></table></div>	A, мм	β_4	-	0,9												
A, мм	β_4																															
130																																
130	1,2																															
	1,4																															
A, мм	β_4																															
100																																
	1,15																															
A, мм	β_4																															
-	0,9																															

Задача 5. Підібрати сталеві панельні радіатори для однотрубно́ї системи водяного опалення з верхнім розведенням. Будинок має три поверхи. Тепловтрати на третьому поверсі становлять $Q_{\text{пр3}} = 1500$ Вт, на другому - $Q_{\text{пр2}} = 1200$ Вт, на першому - $Q_{\text{пр1}} = 1300$ Вт. Розрахункова температура на вході в перший прилад за рухом теплоносія $t_{\text{вх}} = 95^\circ \text{C}$. Параметри теплоносія становлять – $95\text{--}70^\circ \text{C}$. Стояки опалення і горизонтальні підведення в кімнаті виконані приховано з теплоізоляцією. Діаметр стояка – 15 мм. Опалювальні прилади встановлюють відкрито під підвіконням (схема а). Відстань між підвіконням і опалювальним приладом – 100 мм. Опалювальні прилади з автоматичним регулятором температури повітря приміщення.

Рішення: Оскільки система опалення запроектована з верхнім розведенням, то всі розрахунки починаємо з третього поверху.

Температуру на вході в опалювальні прилади визначають за формулою (7):

$$t_{312} = 95^\circ \text{C}; \quad t_{212} = 95 - 1200 \frac{95 - 70}{(1500 + 1200 + 1300)} = 85,6^\circ \text{C};$$

$$t_{112} = 85,6 - 1000 \frac{95 - 70}{(1500 + 1200 + 1300)} = 78,1^\circ \text{C}.$$

Розрахункова витрата води в за формулою (9) становить:

$$G_{cm} = \frac{3,6 \cdot (1500 + 1200 + 1300)}{4,2 \cdot (95 - 70)} = 137 \text{ кг/год.}$$

Середню температуру опалювального приладу визначають за формулою при режимі 2К (8):

$$t_{\text{сер}312} = 95 - 0,5 \frac{1500 \cdot 3,6}{4,2 \cdot 0,5 \cdot 120} = 85,6^\circ \text{ C};$$

$$t_{\text{сер}212} = 85,6 - 0,5 \frac{1200 \cdot 3,6}{4,2 \cdot 0,5 \cdot 120} = 78,1^\circ \text{ C};$$

$$t_{\text{сер}112} = 78,1 - 0,5 \frac{1300 \cdot 3,6}{4,2 \cdot 0,5 \cdot 120} = 70^\circ \text{ C}.$$

Температурний напір опалювального приладу визначено за формулою (10):

$$\Delta t_{\text{сер}}^{312} = 85,6 - 22 = 63,6^\circ \text{ C}; \quad \Delta t_{\text{сер}}^{212} = 78,1 - 22 = 56,1^\circ \text{ C};$$

$$\Delta t_{\text{сер}}^{112} = 70 - 22 = 48^\circ \text{ C}.$$

Номінальний температурний напір сталевого панельного радіатора VONOVA з боковим підключенням визначено за формулою (13):

$$\Delta t_n = 0,5(90 + 70) - 20 = 60^\circ \text{ C},$$

де $t_{\text{вх}}$, $t_{\text{вих}}$, t_n – за даними [табл. 6].

Поправний коефіцієнт до номінальної щільності теплового потоку за формулою (12) становить:

$$\Phi_{312} = \left(\frac{63,6}{60} \right)^{1+0,3} \cdot \left(\frac{41}{360} \right)^0 \cdot 1 \cdot 1 = 1,079;$$

$$\Phi_{212} = \left(\frac{56,1}{60} \right)^{1+0,3} \cdot \left(\frac{34}{360} \right)^0 \cdot 1 \cdot 1 = 0,916;$$

$$\Phi_{112} = \left(\frac{48}{60} \right)^{1+0,3} \cdot \left(\frac{45}{360} \right)^0 \cdot 1 \cdot 1 = 0,748.$$

де: $n = 0,3$, $p = 0$, $c = 1$, $m = 1$ [табл. 4].

Розрахункова витрата води в приладі за формулою (14) становить:

$$G_{np312} = \frac{3,6 \cdot 1500}{4,2 \cdot (95 - 70)} = 51 \text{ кг/год};$$

$$G_{np212} = \frac{3,6 \cdot 1200}{4,2 \cdot (95 - 70)} = 41 \text{ кг/год};$$

$$G_{np112} = \frac{3,6 \cdot 1300}{4,2 \cdot (95 - 70)} = 46 \text{ кг/год}.$$

Номинальний тепловий потік опалювального приладу за формулою (11):

$$Q_{нт312} = \frac{1,15 \cdot 1500 \cdot 1,02}{1,079} = 1631 \text{ Вт};$$

$$Q_{нт212} = \frac{1,15 \cdot 1200 \cdot 1,02}{0,916} = 1537 \text{ Вт};$$

$$Q_{нт112} = \frac{1,15 \cdot 1300 \cdot 1,02}{0,748} = 2039 \text{ Вт},$$

де $K_r = 1,15$ – для приміщень з розрахунковою температурою приміщення, що дорівнює найменшій температурі діапазону її норми згідно з [2, додатки Д, Е]; $\beta_4 = 1,02$ [табл. 7].

За величиною $Q_{нт}$ підбираємо опалювальний прилад типу 22К:

№ приміщення	$Q_{нт}$ (за формулою 11)	$Q_{нт}$ (за табл. 6)	Висота, мм (за табл. 6)	Довжина, мм (за табл. 6)
312	1631	1645	500	800
212	1537	1563	300	1120
112	2039	2056	500	1000

Умова для самостійного рішення задачі 5: Підібрати сталеві панельні радіатори для однотрубною системи водяного опалення з верхнім розведенням. Будинок має три поверхи. Тепловтрати на третьому поверсі становлять $Q_{пр3} =$ (згідно із завданням) Вт, на другому - $Q_{пр2} =$ (згідно із завданням) Вт, на першому - $Q_{пр1} =$ (згідно із завданням) Вт. Розрахункова температура на вході в перший прилад за рухом теплоносія $t_{вх} = 95^\circ \text{C}$. Параметри теплоносія становлять $- 95-70^\circ \text{C}$. Стойки опалення і горизонтальні підведення в кімнаті виконані приховано з теплоізоляцією. Діаметр стояка – 15 мм. Опалювальні прилади встановлюють відкрито під підвіконням (схема а). Відстань між підвіконням і опалювальним приладом – (згідно із завданням) мм. Опалювальні прилади з автоматичним регулятором температури повітря приміщення.

варіант	1	2	3	4	5	6	7
$Q_{np3}, \text{ Вт}$	1200	1300	1500	2000	1800	2800	1000
$Q_{np2}, \text{ Вт}$	1000	1000	1300	1500	1500	2200	800
$Q_{np1}, \text{ Вт}$	1300	1200	1400	1800	1700	2500	900
$A, \text{ мм}$	100	80	40	100	80	40	100
варіант	8	9	10	11	12	13	14
$Q_{np3}, \text{ Вт}$	2500	2400	1300	1600	1200	1600	2300
$Q_{np2}, \text{ Вт}$	2000	1800	900	1400	1100	1200	1800
$Q_{np1}, \text{ Вт}$	2200	2300	1000	1500	1000	1500	2000
$A, \text{ мм}$	80	40	100	80	40	100	80
варіант	15	16	17	18	19	20	21
$Q_{np3}, \text{ Вт}$	2500	3000	2800	2600	2000	1500	1400
$Q_{np2}, \text{ Вт}$	2200	2500	2300	2000	1000	1000	800
$Q_{np1}, \text{ Вт}$	2300	2600	2500	2500	1900	1200	1300
$A, \text{ мм}$	40	100	80	40	100	80	40
варіант	22	23	24	25	26	27	28
$Q_{np3}, \text{ Вт}$	2300	2600	2200	3200	3300	3500	4000
$Q_{np2}, \text{ Вт}$	1800	2400	2100	3000	3000	3300	3500
$Q_{np1}, \text{ Вт}$	1900	2500	2000	3300	3100	3400	3800
$A, \text{ мм}$	100	80	40	100	80	40	100
варіант	29	30	31	32	33	34	35
$Q_{np3}, \text{ Вт}$	3800	1600	3000	3500	3400	3300	3600
$Q_{np2}, \text{ Вт}$	3500	1000	2800	3000	2800	2900	3400
$Q_{np1}, \text{ Вт}$	3600	1500	2900	3200	3300	3000	3500
$A, \text{ мм}$	80	40	100	80	40	100	80

Література:

1. Кравченко В.С., Проценко С.Б., Кравченко Н.В. Розрахунок систем інженерного обладнання будівель : Навчальний посібник. Рівне, 2015. 496 с.
2. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціювання. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013.

4. Визначення природного циркуляційного тиску

Природний циркуляційний тиск, що виникає у вертикальній однетрубній системі опалення, Па, визначають за формулою:

$$\Delta P_{np} = \frac{\beta \cdot g}{Q_{cm}} \cdot (t_e - t_o) \cdot \sum_{i=1}^n Q_i \cdot h_i, \quad (15)$$

де β – середній приріст густини теплоносія з пониженням його температури на 1° С [табл.8; 1, табл.10.4]; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння; Q_{cm} – теплове навантаження стояка, Вт; t_e – температура теплоносія в подавальному трубопроводі системи опалення, $^\circ \text{С}$; t_o –

температура теплоносія в зворотному трубопроводі системи опалення, °C;
 Q_i – теплові навантаження опалювальних приладів, Вт; h_i – вертикальні відстані між умовними центрами охолодження і-го приладу і нагрівання, м.

Таблиця 8

Значення β залежно від розрахункової різниці температур в системі

$t_r - t_o, ^\circ\text{C}$	$\beta, \text{кг}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$	$t_r - t_o, ^\circ\text{C}$	$\beta, \text{кг}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$
85-65	0,60	115-70	0,68
95-70	0,64	130-70	0,72
105-70	0,66	150-70	0,76

Природний тиск, який виникає внаслідок охолодження води, Па, для двотрубною системи опалення розраховують за формулою:

$$\Delta P_{np} = g \cdot h \cdot (\rho_o - \rho_c), \quad (16)$$

де g – прискорення вільного падіння; ρ_o – густина охолодженої води, $\text{кг}/\text{м}^3$ [табл.9; 1, дод.1, табл.1.6]; ρ_c – густина гарячої води, $\text{кг}/\text{м}^3$ [табл.9; 1, дод.1, табл.1.6]; h – відстань від центру охолодження до центру нагрівання.

Таблиця 9

Залежність густини води від температури

Температура, °C	Густина, $\text{кг}/\text{м}^3$	Температура, °C	Густина, $\text{кг}/\text{м}^3$
60	983,2	110	951,0
70	977,7	120	943,1
80	971,8	130	934,8
90	965,3	140	926,1
100	958,3	150	916,9

Задача 6. Визначити природний циркуляційний тиск, який виникає через охолодження води в приладах триповерхового стояка однотрубною системи опалення, якщо теплове навантаження приладів становить: на першому поверсі $Q_1 = 1400$ Вт, на другому поверсі $Q_2 = 950$ Вт і на третьому $Q_3 = 1200$ Вт. Центри охолодження приладів знаходяться на відмітках: на першому поверсі +0,5 м, на другому поверсі +3,5 м і на третьому +6,5 м, а центр нагрівання – на відмітці -0,5 м. Розрахункові температури теплоносія в системі опалення 95-70° C.

Рішення: Природний циркуляційний тиск, що виникає у вертикальній однотрубній системі опалення, визначають за формулою (15):

$$\Delta P_{np} = \frac{0,64 \cdot 9,81}{3550} \cdot (95 - 70) \cdot (1400 \cdot 1 + 950 \cdot 4 + 1200 \cdot 7) = 601 \text{ Па},$$

де $\beta = 0,64$ [табл.8]; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння; $Q_{ст}$ – теплове навантаження стояка, Вт; $t_z = 95^\circ \text{ C}$; $t_o = 70^\circ \text{ C}$; Q_{cm} – теплове навантаження стояка:

$$Q_{cm} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 1400 + 950 + 1200 = 3550 \text{ Вт}.$$

Для приладу першого поверху: $h_1 = 0,5 - (-0,5) = 1,0 \text{ м}$;

Для приладу другого поверху: $h_2 = 3,5 - (-0,5) = 4,0 \text{ м}$;

Для приладу третього поверху: $h_3 = 6,5 - (-0,5) = 7,0 \text{ м}$.

Умова для самостійного рішення задачі 6: Визначити природний циркуляційний тиск, який виникає через охолодження води в приладах триповерхового стояка однокотлової системи опалення, якщо теплове навантаження приладів становить: на першому поверсі Q_1 , Вт (згідно із завданням), на другому поверсі Q_2 , Вт (згідно із завданням) і на третьому Q_3 , Вт (згідно із завданням). Центри охолодження приладів знаходяться на відмітках: на першому поверсі $+0,5 \text{ м}$, на другому поверсі $+3,5 \text{ м}$ і на третьому $+6,5 \text{ м}$, а центр нагрівання – на відмітці, м (згідно із завданням). Розрахункові температури теплоносія в системі опалення, $^\circ\text{C}$ (згідно із завданням).

варіант	1	2	3	4	5	6	7
Q_1 , Вт	1200	1300	1500	2000	1800	2800	1000
Q_2 , Вт	1000	1000	1300	1500	1500	2200	800
Q_3 , Вт	1300	1200	1400	1800	1700	2500	900
$t_i - t_o$, $^\circ\text{C}$	85-65	95-70	105-70	115-70	130-70	150-70	85-65
цн, м	-0,5	-0,7	-1,0	-1,2	-0,8	-0,5	-1,1
варіант	8	9	10	11	12	13	14
Q_1 , Вт	2500	2400	1300	1600	1200	1600	2300
Q_2 , Вт	2000	1800	900	1400	1100	1200	1800
Q_3 , Вт	2200	2300	1000	1500	1000	1500	2000
$t_i - t_o$, $^\circ\text{C}$	95-70	105-70	115-70	130-70	150-70	85-65	95-70
цн, м	-1,4	-1,3	-1,5	-0,9	-0,8	-2,0	-2,1
варіант	15	16	17	18	19	20	21
Q_1 , Вт	2500	3000	2800	2600	2000	1500	1400
Q_2 , Вт	2200	2500	2300	2000	1000	1000	800
Q_3 , Вт	2300	2600	2500	2500	1900	1200	1300
$t_i - t_o$, $^\circ\text{C}$	105-70	115-70	130-70	150-70	85-65	95-70	105-70
цн, м	-1,8	-1,7	-1,6	-1,9	-1,5	-1,4	-1,3
варіант	22	23	24	25	26	27	28
Q_1 , Вт	2300	2600	2200	3200	2500	4500	1800

Q ₂ , Вт	1800	2400	2100	3000	2000	3800	1600
Q ₃ , Вт	1900	2500	2000	3100	2400	4200	1700
t _i -t _o , °C	115-70	130-70	150-70	85-65	95-70	105-70	130-70
цн, м	-1,2	-1,0	-0,9	-0,5	-1,0	-0,8	-1,5

Задача 7. Визначити величину природного циркуляційного тиску, який виникає у двотрубній системі опалення з параметрами теплоносія 95-70° С, для циркуляційного кільця з опалювальним приладом, центр охолодження якого знаходиться на відмітці +25,0 м, а центр нагрівання - на відмітці +0,5 м.

Рішення: Природний тиск, який виникає внаслідок охолодження води, для двотрубної системи опалення розраховують за формулою (16):

$$\Delta P_{np} = 9,81 \cdot 24,5 \cdot (977,7 - 961,8) = 3822 \text{ Па},$$

де $\rho_o = 977,7 \text{ кг/м}^3$ [табл.9]; $\rho_z = 961,8 \text{ кг/м}^3$ [табл.9];

$$h = 25,0 - 0,5 = 24,5 \text{ м}.$$

Умова для самостійного рішення задачі 7: Визначити величину природного циркуляційного тиску, який виникає у двотрубній системі опалення з параметрами теплоносія, °C (згідно із завданням), для циркуляційного кільця з опалювальним приладом, центр охолодження якого знаходиться на відмітці, м (згідно із завданням), а центр нагрівання - на відмітці, м (згідно із завданням).

варіант	1	2	3	4	5	6	7
t _i -t _o , °C	85-65	95-70	105-70	115-70	130-70	150-70	85-65
цо, м	+20,0	+15,0	+28,0	+16,0	+29,0	+32,0	+33,0
цн, м	+0,5	-0,5	-1,0	+1,0	+0,8	-0,5	-1,1
варіант	8	9	10	11	12	13	14
t _i -t _o , °C	95-70	105-70	115-70	130-70	150-70	85-65	95-70
цо, м	+24,0	+24,5	+46,5	+16,5	+18,5	+25,5	+25,0
цн, м	+1,1	+1,3	-1,3	-0,9	+0,8	-0,5	+0,7
варіант	15	16	17	18	19	20	21
t _i -t _o , °C	105-70	115-70	130-70	150-70	85-65	95-70	105-70
цо, м	+41,0	+15,0	+54,0	+21,0	+28,5	+45,0	+34,0
цн, м	-1,0	+1,2	-0,8	+0,5	+1,1	-1,4	+1,3
варіант	22	23	24	25	26	27	28
t _i -t _o , °C	115-70	130-70	150-70	85-65	95-70	105-70	150-70
цо, м	+18,0	+18,5	+29,0	+45,0	+15,0	+51,0	+26,0
цн, м	-1,5	+0,9	-0,8	-1,0	+1,0	-0,9	+0,9

Література:

1. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч.1. Отопление / Богословский В.Н., Староверов И.Г., Сканиви А.Н. и др. 4-е изд., перераб. и доп. Москва : Стройиздат, 1990. 344 с.

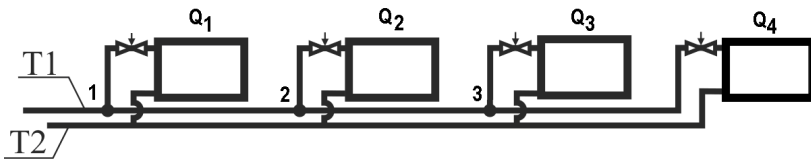
5. Визначення витрат теплоносія

Розрахункову витрату теплоносія в системі опалення, кг/год, визначають за формулою:

$$G = \frac{3,6 \cdot Q}{c \cdot (t_e - t_o)}, \quad (17)$$

де Q – теплова потужність системи опалення, Вт; $c = 4,2$ кДж/(кг·°C) – питома теплоємність води; t_e – температура теплоносія в подавальному трубопроводі системи опалення, °C; t_o – температура теплоносія в зворотному трубопроводі системи опалення, °C.

Задача 8. Визначити витрату теплоносія ділянки 1–2 з розрахунковими параметрами 95-70° C, якщо відомо, що $Q_1 = 1300$ Вт, $Q_2 = 1150$ Вт, $Q_3 = 80$ Вт, $Q_4 = 1000$ Вт.



Рішення: Розрахункову витрату теплоносія в системі опалення визначають за формулою (17):

$$G = \frac{3,6 \cdot 3000}{4,2 \cdot (95 - 70)} = 103 \text{ кг/год},$$

де $Q_{1-2} = Q_2 + Q_3 + Q_4 = 1150 + 850 + 1000 = 3000$ Вт.

Умова для самостійного рішення задачі 8: Визначити витрату теплоносія ділянки (згідно із завданням) з розрахунковими параметрами, °C (згідно із завданням).

варіант	1	2	3	4	5	6	7
$t_e - t_o$, °C	85-65	95-70	105-70	115-70	130-70	150-70	85-65

Q ₁ , Вт	1000	2000	980	1500	1800	1100	1600
Q ₂ , Вт	1200	2200	1000	1400	1700	1200	1650
Q ₃ , Вт	1100	2300	950	1450	1600	1300	1250
Q ₄ , Вт	1050	2400	1200	1300	1200	1400	1200
ділянка	1-2	2-3	1-2	2-3	1-2	2-3	1-2
варіант	8	9	10	11	12	13	14
t _i -t _o , °C	95-70	105-70	115-70	130-70	150-70	85-65	95-70
Q ₁ , Вт	1500	1700	2000	680	450	1300	1000
Q ₂ , Вт	1550	1800	1700	800	600	1400	1200
Q ₃ , Вт	1400	1900	1900	900	650	1000	1300
Q ₄ , Вт	1600	2000	1800	580	700	1150	1400
ділянка	2-3	1-2	2-3	1-2	2-3	2-3	1-2
варіант	15	16	17	18	19	20	21
t _i -t _o , °C	105-70	115-70	130-70	150-70	85-65	95-70	105-70
Q ₁ , Вт	1980	1550	1850	1150	1650	1550	1750
Q ₂ , Вт	2000	1450	1750	1250	1400	1450	1850
Q ₃ , Вт	1950	1500	1650	1350	1700	1800	1950
Q ₄ , Вт	2200	1350	1250	1450	1250	1300	2050
ділянка	2-3	1-2	2-3	1-2	2-3	1-2	2-3
варіант	22	23	24	25	26	27	28
t _i -t _o , °C	115-70	130-70	150-70	85-65	95-70	105-70	115-70
Q ₁ , Вт	2100	1680	1450	1100	1000	1980	1600
Q ₂ , Вт	1750	1800	1600	1000	1200	2000	1450
Q ₃ , Вт	1950	1900	1650	1100	1300	1950	1750
Q ₄ , Вт	1850	1580	1700	1050	1400	2200	1700
ділянка	1-2	2-3	1-2	1-2	2-3	1-2	2-3

6. Визначення розрахункових витрат газу

Системи газопостачання міст, селищ і сіл розраховують на максимальну розрахункову годинну витрату газу. Максимальну розрахункову годинну витрату газу, м³/год, при 0° С і тискові газу 0,1 МПа на господарсько-побутові та виробничі потреби визначають як частку річної витрати газу за формулою:

$$Q_d^h = K_{\max}^h \cdot Q_y, \quad (18)$$

де K_{\max}^h – коефіцієнт годинного максимуму (коефіцієнт переходу від річної витрати до максимальної розрахункової годинної витрати газу) [1, табл.4; 2, табл.5.6]; Q_y – річна витрата газу, м³/рік, яку визначають за формулою:

$$Q_y = \frac{q_n \cdot n}{Q_n \cdot \eta}, \quad (19)$$

де q_n – норма витрати теплоти, мДж/чол·рік [1, табл.2; 2, табл.5.5]; n – кількість жителів в районі, чол.; Q_n – теплота згоряння газу, мДж/м³; η – ККД побутових газових плит [табл. 10; 2, табл.5.3].

Для окремих житлових та громадських будинків розрахункові годинні витрати газу, м³/год, визначають за сумою номінальних витрат газу газовими приладами з урахуванням коефіцієнтів одночасності їх дії за формулою:

$$Q_d^h = K_{sim} \cdot q_{nom} \cdot n, \quad (20)$$

де K_{sim} – коефіцієнт одночасності, значення якого слід приймати для житлових будинків за [табл. 12; 1, додаток В; 2, табл.5.7]; q_{nom} – номінальна витрата газу приладом або групою приладів, м³/год, прийнята за паспортними даними або технічними характеристиками приладів [табл. 10; 2, табл.5.3]; n – кількість квартир, шт.

Таблиця 10

Характеристики окремих газових приладів

Найменування приладів	ККД, %	Номінальні витрати газу, м ³ /год
Плити газові: - двопальникова ПГ-2	56	0,75
- чотирিপальникова ПГ-4	56	1,25
Водонагрівачі проточні:		
ВПП – 18	82	2,3
ВПП - 23	83	2,94
Баярд 10	86	2,2
Баярд 13	86	2,8
Баярд 16	86	3,4

Таблиця 11

Технічні характеристики побутових газових лічильників (Самгаз)

Показники	Одиниця вимірювання	Тип газового лічильника			
		G 1,6	G 2,5	G 4	G 6
Витрата газу:					
- мінімальна	м ³ /год	0,016	0,025	0,04	0,06
- номінальна		1,6	2,5	4,0	6,0
- максимальна		2,5	4,0	6,0	10,0
Максимальні розрахункові втрати тиску	Па	200			

Таблиця 12

Коефіцієнти одночасності K_{sim} для житлових будинків

Число квартир	Коефіцієнт одночасності K_{sim} залежно від газового устаткування в житлових будинках			
	Плита чотирипальникова	Плита двопальникова	Плита чотирипальникова та проточний нагрівач води	Плита двопальникова та проточний нагрівач води
1	1,000	1,000	0,700	0,750
2	0,650	0,840	0,560	0,640
3	0,450	0,730	0,480	0,520
4	0,350	0,590	0,430	0,390
5	0,290	0,480	0,400	0,375
6	0,280	0,410	0,392	0,360
7	0,280	0,360	0,370	0,345
8	0,265	0,320	0,360	0,335
9	0,258	0,289	0,345	0,320
10	0,254	0,263	0,340	0,315
15	0,240	0,242	0,300	0,275
20	0,235	0,230	0,280	0,260
30	0,231	0,218	0,250	0,235
40	0,227	0,213	0,230	0,205
50	0,223	0,210	0,215	0,193
60	0,220	0,207	0,203	0,186
70	0,217	0,205	0,195	0,180
90	0,212	0,203	0,187	0,171
100	0,210	0,202	0,185	0,163
400	0,180	0,170	0,150	0,135

Задача 9. Визначити річну і максимальну годинну витрату природного газу на господарсько-побутові потреби населеного району міста за таких умов: кількість жителів в районі – 15000 чол., теплота згоряння газу – $Q_n = 36$ МДж/м³, ККД побутових газових плит – 0,56, житлові будинки обладнані газовими плитами, гаряче водопостачання - централізоване.

Рішення: Річна витрата газу за формулою (19) становить:

$$Q_y = \frac{2800 \cdot 15000}{36 \cdot 0,56} = 2083333 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Максимальна годинна витрата газу за формулою (18) становить:

$$Q_d^h = \frac{1}{2250} \cdot 2083333 = 926 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Умова для самостійного рішення задачі 9: Визначити річну і максимальну годинну витрату природного газу на господарсько-побутові потреби населеного району міста за таких умов: кількість жителів в районі – (згідно із завданням) чол., теплота згоряння газу – Q_H = (згідно із завданням) мДж/м³, ККД побутових газових плит – 0,56, житлові будинки обладнані газовими плитами, гаряче водопостачання - (згідно із завданням).

варіант	1	2	3	4	5	6
п, чол.	1200	13000	2500	3200	1800	5100
Q_H , мДж/м ³	34	35	36	33	37	32
Газовий нагрівач води	-	+	-	-	+	-
Централізоване гаряче водопостачання	+	-	-	+	-	-
варіант	7	8	9	10	11	12
п, чол.	10500	26500	24500	21300	11600	41200
Q_H , мДж/м ³	38	32	33	34	35	36
Газовий нагрівач води	-	+	-	-	+	-
Централізоване гаряче водопостачання	+	-	-	+	-	-
варіант	13	14	15	16	17	18
п, чол.	2200	18000	12500	13200	15800	15100
Q_H , мДж/м ³	37	38	32	33	34	35
Газовий нагрівач води	-	+	-	-	+	-
Централізоване гаряче водопостачання	+	-	-	+	-	-
варіант	19	20	21	22	23	24
п, чол.	13500	16500	28500	31300	14600	51200
Q_H , мДж/м ³	36	37	38	32	33	34
Газовий нагрівач води	-	+	-	-	+	-
Централізоване гаряче водопостачання	+	-	-	+	-	-

Задача 10. Визначити розрахункову годинну витрату природного газу житлового будинку. Кількість квартир – 10, і кожній квартирі є плита двопальникова ПГ-2 та проточний водонагрівач ВПГ-18. Підібрати газовий лічильник для квартири.

Рішення: Розрахункову годинну витрату природного газу для всього будинку визначають за формулою (20):

$$Q_d^h = 0,315 \cdot 3,05 \cdot 10 = 9,6 \text{ м}^3/\text{год},$$

де $K_{sim} = 0,315$ [табл. 12], $q_{nom} = 0,75 + 2,3 = 3,05 \text{ м}^3/\text{год}$ [табл. 10].

Розрахункову годинну витрату природного газу для однієї квартири визначають за формулою (20):

$$Q_d^h = 0,75 \cdot 3,05 \cdot 1 = 2,3 \text{ м}^3/\text{год},$$

де $K_{sim} = 0,75$ [табл. 12], $q_{ном} = 0,75 + 2,3 = 3,05 \text{ м}^3/\text{год}$ [табл. 10].

За [табл. 11] приймаємо газовий лічильник типу G 2,5 з такими параметрами:

- мінімальна витрата газу – $0,025 \text{ м}^3/\text{год}$,
- номінальна витрата газу – $2,5 \text{ м}^3/\text{год}$,
- максимальна витрата газу – $4 \text{ м}^3/\text{год}$,
- максимальні розрахункові втрати тиску – 200 Па.

Умова для самостійного рішення задачі 10: Визначити розрахункову годинну витрату природного газу житлового будинку в цілому і однієї квартири. Кількість квартир – (згідно із завданням), і кожній квартирі є плита (згідно із завданням) та проточний газовий нагрівач води (згідно із завданням). Підібрати газовий лічильник для квартири.

варіант	1	2	3	4	5	6	7
п, кварт.	10	20	30	40	50	60	70
Плита	ПГ-2	ПГ-4	ПГ-2	ПГ-4	ПГ-2	ПГ-4	ПГ-2
ГНВ	ВПГ-18	ВПГ-23	Баярд 10	Баярд 13	Баярд 16	ВПГ-18	ВПГ-23
варіант	8	9	10	11	12	13	14
п, кварт.	80	100	120	140	150	16	24
Плита	ПГ-4	ПГ-2	ПГ-4	ПГ-2	ПГ-4	ПГ-4	ПГ-2
ГНВ	Баярд 10	Баярд 13	Баярд 16	ВПГ-18	ВПГ-23	Баярд 10	Баярд 13
варіант	15	16	17	18	19	20	21
п, кварт.	36	44	54	52	64	62	90
Плита	ПГ-4	ПГ-2	ПГ-4	ПГ-2	ПГ-4	ПГ-2	ПГ-4
ГНВ	Баярд 16	ВПГ-18	ВПГ-23	Баярд 10	Баярд 13	Баярд 16	ВПГ-18
варіант	22	23	24	25	26	27	28
п, кварт.	110	88	144	12	46	56	68
Плита	ПГ-2	ПГ-4	ПГ-2	ПГ-4	ПГ-2	ПГ-4	ПГ-2
ГНВ	ВПГ-23	Баярд 10	Баярд 13	Баярд 16	ВПГ-18	ВПГ-23	Баярд 10

Література:

1. ДБН В.2.5-20-2018. Газопостачання. [Чинний від 2019-07-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2019.
2. Кравченко В.С., Проценко С.Б., Кравченко Н.В. Розрахунок систем інженерного обладнання будівель : Навчальний посібник. Рівне, 2015. 496 с.

7. Визначення параметрів внутрішнього повітря

Параметри мікроклімату при опаленні, вентиляції, кондиціонуванні та охолодженні повітря приймають для холодного і теплого періоду року згідно з вимогами [1].

При розрахунку систем вентиляції у струмені припливного повітря на його вході в робочу зону або в зону обслуговування приміщення визначають максимальну швидкість руху повітря, максимальну температуру при компенсації врат теплоти у приміщенні та мінімальну температуру при асиміляції (поглинанні) залишків теплоти у приміщенні.

Максимальну швидкість руху повітря, м/с, визначають за формулою:

$$v_n = K_n \cdot v_n, \quad (21)$$

де v_n – нормована швидкість руху повітря, м/с, на робочих місцях у робочій зоні [1, додаток Е]; K_n – коефіцієнт переходу від нормованої швидкості руху повітря у приміщенні до максимальної швидкості у струмені припливного повітря [1, додаток Ж].

Максимальну температуру при компенсації врат теплоти у приміщенні, °С, визначають за формулою:

$$t_n = t_n + \Delta t_1, \quad (22)$$

де t_n – нормована температура повітря, °С, на робочих місцях у робочій зоні [1, додаток Е]; Δt_1 – допустиме відхилення температури, °С, у струмені припливного повітря від нормованої температури повітря в робочій зоні [1, додаток И].

Мінімальну температуру при асиміляції (поглинанні) залишків теплоти у приміщенні, °С, визначають за формулою:

$$t_n^I = t_n + \Delta t_2, \quad (23)$$

де Δt_2 – допустиме відхилення температури, °С, у струмені припливного повітря від нормованої температури повітря в робочій зоні [1, додаток И].

Задача 11. Визначити для холодного і теплого періодів року (оптимальні та допустимі умови) максимальну швидкість руху повітря у струмені припливного повітря на його вході в робочу зону приміщення, максимальну температуру при компенсації врат теплоти у приміщенні, мінімальну температуру при асиміляції (поглинанні) надлишків теплоти у приміщенні, якщо відомо:

категорія робіт - легка Ia, розташування людей - у зоні прямої дії припливного струменя повітря у межах початкової ділянки, робочі місця - постійні.

Рішення:

Холодний період року (оптимальні умови)							
v_n , м/с	t_n , °C	K_n	Δt_1 , °C	Δt_2 , °C	v_n , м/с	t_n , °C	t_n^I , °C
0,1	22-24	1	1	1	0,1	23-25	23-25
Холодний період року (допустимі умови)							
v_n , м/с	t_n , °C	K_n	Δt_1 , °C	Δt_2 , °C	v_n , м/с	t_n , °C	t_n^I , °C
0,1	21-25	1	5	2	0,1	26-30	23-27
Теплий період року (оптимальні умови)							
v_n , м/с	t_n , °C	K_n	Δt_1 , °C	Δt_2 , °C	v_n , м/с	t_n , °C	t_n^I , °C
0,1	23-25	1	1	1	0,1	24-26	24-26
Теплий період року (допустимі умови)							
v_n , м/с	t_n , °C	K_n	Δt_1 , °C	Δt_2 , °C	v_n , м/с	t_n , °C	t_n^I , °C
0,2	22-28	1	5	2	0,2	27-33	24-30

Умова для самостійного рішення задачі 11: Визначити для холодного і теплого періодів року (оптимальні та допустимі умови) максимальну швидкість руху повітря у струмені припливного повітря на його вході в робочу зону приміщення, максимальну температуру при компенсації втрат теплоти у приміщенні, мінімальну температуру при асиміляції (поглинанні) надлишків теплоти у приміщенні, якщо відомо:

варіант	1	2	3	4	5	6
Категорія робіт	Легка Ia	Легка Ib	Середньої важкості Ia	Середньої важкості Ib	Важка III	Легка Ia
Розташування людей	У зоні прямої дії припливного струменя повітря у межах початкової ділянки	У зоні прямої дії припливного струменя повітря у межах основної ділянки	Поза зоною прямої дії припливного струменя повітря	У зоні зворотного потоку повітря	У зоні прямої дії припливного струменя повітря у межах початкової ділянки	У зоні прямої дії припливного струменя повітря у межах основної ділянки
Робочі місця	постійні	непостійні	постійні	непостійні	постійні	непостійні

варіант	7	8	9	10	11	12
Категорія робіт	Легка Іа	Легка Іб	Середньої важкості Іа	Середньої важкості Іб	Важка ІІІ	Легка Іа
Розташування людей	Поза зоною прямої дії припливного струменя повітря	У зоні прямої дії припливного струменя повітря у межах початкової ділянки	У зоні прямої дії припливного струменя повітря у межах початкової ділянки	У зоні прямої дії припливного струменя повітря у межах основної ділянки	Поза зоною прямої дії припливного струменя повітря	У зоні зворотного потоку повітря
Робочі місця	постійні	непостійні	постійні	непостійні	постійні	непостійні
варіант	13	14	15	16	17	18
Категорія робіт	Легка Іа	Легка Іб	Середньої важкості Іа	Середньої важкості Іб	Важка ІІІ	Легка Іа
Розташування людей	У зоні прямої дії припливного струменя повітря у межах початкової ділянки	У зоні зворотного потоку повітря	Поза зоною прямої дії припливного струменя повітря	У зоні прямої дії припливного струменя повітря у межах початкової ділянки	У зоні прямої дії припливного струменя повітря у межах основної ділянки	У зоні зворотного потоку повітря
Робочі місця	непостійні	постійні	непостійні	постійні	непостійні	постійні
варіант	19	20	21	22	23	24
Категорія робіт	Легка Іа	Легка Іб	Середньої важкості Іа	Середньої важкості Іб	Важка ІІІ	Легка Іа
Розташування людей	Поза зоною прямої дії припливного струменя повітря	У зоні прямої дії припливного струменя повітря у межах початкової ділянки	У зоні зворотного потоку повітря	Поза зоною прямої дії припливного струменя повітря	У зоні зворотного потоку повітря	У зоні прямої дії припливного струменя повітря у межах початкової ділянки
Робочі місця	непостійні	постійні	непостійні	постійні	непостійні	постійні

Література:

1. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013.

8. Забирання зовнішнього повітря

При проектуванні забирання зовнішнього повітря враховують, що забирання зовнішнього повітря повинно бути із зон з якомога чистим повітрям.

Місця забирання повітря слід розташовувати з врахуванням вимог [1].

Висотну будівлю поділяють на окремі зони вентиляції, які обмежені заданою максимальною висотою. Відстань, м, по вертикалі між найнижчим та найвищими отворами приймальних пристроїв зовнішнього повітря в одній і тій же зоні не повинна перевищувати значень, визначених за формулою:

$$D_{\max} = 600 / (\Theta_a - \Theta_{out, \min}), \quad (24)$$

де Θ_a – температура внутрішнього повітря [1, додаток Д, Е], °С; $\Theta_{out, \min}$ – розрахункова зовнішня температура для холодного періоду в найхолоднішу п'ятиденку забезпеченістю 0,92, °С [2, табл.2].

Задача 12. Визначити для висотної будівлі (одна зона вентиляції) відстань по вертикалі між найнижчим та найвищими отворами приймальних пристроїв зовнішнього повітря, якщо відомо: місто - Сарни; тип будівлі - школа.

Рішення: Відстань, м, по вертикалі між найнижчим та найвищими отворами приймальних пристроїв зовнішнього повітря в одній і тій же зоні становить:

$$D_{\max 1} = 600 / (21 - (-21)) = 14,3 \text{ м},$$

$$D_{\max 2} = 600 / (23 - (-21)) = 13,6 \text{ м}.$$

Отже, відстань між найнижчим та найвищими отворами приймальних пристроїв зовнішнього повітря в одній і тій же зоні повинна бути в межах 13,6-14,3 м.

Умова для самостійного рішення задачі 12: Визначити для висотної будівлі (одна зона вентиляції) відстань по вертикалі між найнижчим та найвищими отворами приймальних пристроїв зовнішнього повітря, якщо відомо:

варіант	1	2	3	4	5	6
Місто	Вінниця	Ковель	Луцьк	Дніпро	Житомир	Берегове
Тип будівлі	Житлові будівлі	Універмаг	Школа	Офісна будівля	Підприємство (робота Іа)	Підприємство (робота Іб)
варіант	7	8	9	10	11	12
Місто	Рахів	Хуст	Гуляйполе	Кирилівка	Гайворон	Знам'янка
Тип будівлі	Підприємство (робота Іа)	Підприємство (робота Іб)	Підприємство (робота ІІІ)	Житлові будівлі	Універмаг	Школа
варіант	13	14	15	16	17	18
Місто	Львів	Миколаїв	Київ	Ізмаїл	Лубни	Сарни
Тип будівлі	Офісна будівля	Підприємство (робота Іа)	Підприємство (робота Іб)	Житлові будівлі	Універмаг	Школа
варіант	19	20	21	22	23	24
Місто	Львів	Миколаїв	Київ	Ізмаїл	Лубни	Сарни
Тип будівлі	Офісна будівля	Підприємство (робота Іа)	Підприємство (робота Іб)	Житлові будівлі	Універмаг	Школа

Література:

1. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013.
2. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-11-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2011.

Теми рефератів для індивідуальної роботи з дисципліни з «Теплогазопостачання та вентиляція»

1. Паливо і його властивості.
2. Альтернативні джерела енергії.
3. Сучасні типи котлів.
4. Системи водопідготовки котельних установок.
5. Способи прокладання теплових мереж.
6. Обладнання і арматура теплових пунктів.
7. Захист теплових мереж від електрокорозії.

8. Основні елементи теплових мереж, їх влаштування і конструкції.
9. Види теплообмінників та їх конструктивні особливості.
10. Обладнання і арматура систем опалення.
11. Схеми і характеристика природної вентиляції будівель.
12. Схеми і склад систем механічної вентиляції промислових, громадських і житлових будівель.
13. Обладнання систем кондиціювання повітря.
14. Призначення і основні елементи ГРС, ГРП, ГРУ.
15. Газові прилади і арматура.
16. Характеристика теплоносіїв.
17. Водяні системи опалення.
18. Парові системи опалення.
19. Повітряні системи опалення.
20. Електричні системи опалення.
21. Газові системи опалення.
22. Опалювальні прилади.
23. Видалення повітря із систем опалення.
24. Повітрообмін приміщень.
25. Вентиляторні установки.
26. Обладнання систем вентиляції.
27. Кондиціонери.